

การประยุกต์ข้อมูลจากระบบเรดาร์คลื่นวิทยุความถี่สูง แบบจำลอง GNOME และระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ สำหรับคาดการณ์การเคลื่อนที่ของคราบน้ำมันในทะเล

The Application of High Frequency Radar, GNOME Model and Geographic Information System for Oil Spill Trajectory Prediction

วัชร เกษเดช* และสุเพชร จิระจรกุล

ภาควิชาเทคโนโลยีชนบท คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

ศูนย์รังสิต ตำบลคลองหนึ่ง อำเภอคลองหลวง จังหวัดปทุมธานี 12120

Watchara Kesdech* and Supet Jirakajohnkool

Department of Rural Technology, Faculty of Science and Technology, Thammasat University,

Rangsit Centre, Khlong Nueng, Khlong Luang, Pathum Thani 12120

บทคัดย่อ

การประยุกต์ข้อมูลจากระบบเรดาร์คลื่นวิทยุความถี่สูง แบบจำลอง GNOME และระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ สำหรับคาดการณ์การเคลื่อนที่ของคราบน้ำมันในทะเล มีวัตถุประสงค์เพื่อคาดการณ์การเคลื่อนที่ของคราบน้ำมันในทะเล บริเวณพื้นที่อ่าวไทยตอนบนฝั่งตะวันออก ครอบคลุมช่วงฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ ฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ และช่วงเปลี่ยนฤดูมรสุมของทั้งสองฤดู โดยนำเข้าข้อมูลความเร็วและทิศทางกระแสน้ำที่ผิวหน้าน้ำทะเลรายชั่วโมงจากระบบเรดาร์คลื่นวิทยุความถี่สูง ซึ่งผ่านขั้นตอนการจัดเตรียมข้อมูล และประมาณค่าในช่วงให้ครอบคลุมพื้นที่ศึกษา ข้อมูลความเร็วและทิศทางลมจากสถานีตรวจอากาศอัตโนมัติ สถานีเกาะสีชัง ข้อมูลขอบเขตชายฝั่งและขอบเขตเกาะจากการแปลตีความจากข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม LANDSAT-8 พร้อมทั้งกำหนดค่าการแพร่กระจายในแนวราบและค่าอิทธิพลของลม ตามผลการศึกษาและปรับเทียบแบบจำลองของกรมควบคุมมลพิษ โดยพิจารณาเลือกช่วงเวลาในช่วงน้ำเกิดและน้ำตายในแต่ละฤดูมรสุม และกำหนดตำแหน่งทดสอบจากบริเวณที่มีการจราจรทางน้ำหนาแน่น บริเวณด้านหน้าท่าเรือแหลมฉบัง จังหวัดชลบุรี (ละติจูด 13.0715 องศาเหนือ ลองจิจูด 100.827 องศาตะวันออก) ผลการศึกษาพบว่า การเคลื่อนที่ของคราบน้ำมันในฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ มีทิศทางการเคลื่อนที่ไปทางทิศตะวันตกเฉียงใต้ของตำแหน่งทดสอบ ส่วนในฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ มีทิศทางการเคลื่อนที่ไปทางตะวันออกเฉียงเหนือ เข้าหาชายฝั่ง ทั้งช่วงน้ำเกิดและน้ำตาย และในช่วงเปลี่ยนฤดูมรสุม

ทั้งสองฤดู มีทิศทางการเคลื่อนที่ไม่แน่นอน ขึ้นอยู่กับอิทธิพลของลมมรสุมในช่วงเวลานั้น ๆ ทั้งนี้ตัวแปรที่มีอิทธิพลสำคัญต่อรูปแบบการเคลื่อนที่ของคราบน้ำมัน คือ กระแสลม และรูปแบบการไหลเวียนของกระแสน้ำที่ผิวหน้า น้ำทะเล ผลจากการศึกษาในครั้งนี้สามารถนำไปใช้ในการสนับสนุนการดำเนินการภายใต้แผนการจัดการ แผนเผชิญเหตุ กรณีการรั่วไหลของน้ำมันในทะเล รวมไปถึงการปฏิบัติการภายใต้สถานการณ์จริง ตลอดจนสามารถนำกระบวนการประมวลผลข้อมูลและแบบจำลองใช้เป็นแนวทางและเครื่องมือในการนำข้อมูลเรดาร์คลื่นวิทยุความถี่สูงไปใช้ประโยชน์ในด้านการจัดการมลพิษทางทะเลต่อไปในอนาคต

คำสำคัญ : เรดาร์คลื่นวิทยุความถี่สูง; แบบจำลอง GNOME; ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์; คราบน้ำมัน

Abstract

Application of high-frequency radar systems, GNOME model and geographical information system (GIS) for predicting the movement of the oil slick in the sea in this paper aims to predict the movement of the oil slick in the sea areas on the eastward in the Gulf of Thailand, covering the northeast monsoon, the southwest monsoon and transition period of both seasons. By input the speed and direction of hourly sea surface current data from High Frequency radar systems. The process of preparing the data and interpolates values provided in the study area including wind speed and direction data from automated weather stations at Ko Sichang, coastal and island regions boundary, and the interpretation of satellite data from LANDSAT-8. Moreover, configuring diffusion horizontally and the influence of the wind according to the study result and calibration models of the Pollution Control Department by considering the timing of the spring tide and neap tide in each monsoon season. The tested position was done in a heavy traffic area in front of Laem Chabang port, Chon Buri province at latitude 13.0715 N and longitude 100.827 E. The results showed that the movement of the oil slick in the northeast monsoon had direction to the southwest of the tested location. In the southwest monsoon, the oil slick directed to the northeast toward to the Chon Buri and Sichang's coast both spring and neap tide period and in the transition period of two monsoons found the unpredictable movement which based on the influence of the monsoon during the time period. The study concluded that the variables that have a major influence on the pattern of the oil slick movement were the wind and circulation patterns of surface currents. Also the results of this study can be used to support the implementation of the management plan, incident cases of oil spills at the sea, as well as operating under a real situation including utilized this data processing and the model to be as a guideline and tool for taking advantage from high-frequency radar systems in the management of marine pollution in the future.

Keywords: high frequency radar; GNOME; geographic information system; oil spill

1. บทนำ

เหตุการณ์น้ำมันรั่วไหลในทะเลในประเทศไทย เป็นเหตุการณ์ที่พบเห็นได้บ่อยครั้งตั้งแต่อดีตถึงปัจจุบัน ในระดับความรุนแรงที่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับปริมาณและชนิดของน้ำมันที่รั่วไหล พื้นที่ที่เกิดเหตุ สภาวะแวดล้อมขณะเกิดเหตุ และประสิทธิภาพในการจัดการแก้ไขปัญหาหลังเกิดเหตุ ซึ่งในเหตุการณ์แต่ละครั้ง ล้วนสร้างความเสียหาย และส่งผลกระทบในหลาย ๆ ด้าน ทั้งด้านระบบนิเวศทางน้ำและทรัพยากรธรรมชาติ การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ ธุรกิจการท่องเที่ยว ก่อให้เกิดความเสียหายทางเศรษฐกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อม คิดเป็นมูลค่ามหาศาล ตลอดจนก่อให้เกิดการสะสมของมลพิษในห่วงโซ่อาหาร และส่งผลกระทบต่อมนุษย์ในที่สุด

ในส่วนพื้นที่เกิดเหตุ พื้นที่ชายฝั่งทะเลด้านตะวันออก บริเวณจังหวัดฉะเชิงเทรา ชลบุรี และระยอง จัดอยู่ในเขตพื้นที่ที่มีความเสี่ยงต่อน้ำมันรั่วไหลสูงมาก เนื่องจากเป็นพื้นที่ที่มีการจราจรทางน้ำหนาแน่น และมีกิจกรรมการขนถ่ายน้ำมันบริเวณท่าเทียบเรือกลางทะเล รวมทั้งบริเวณชายฝั่งเป็นที่ตั้งของโรงกลั่นน้ำมัน [1] โดยเฉพาะในพื้นที่จังหวัดชลบุรี เป็นที่ตั้งของท่าเรือแหลมฉบัง ซึ่งเป็นท่าเรือขนาดใหญ่ และมีแผนพัฒนาท่าเรือเพื่อรองรับการเปิดเสรีทางการค้า [3] ซึ่งเป็นปัจจัยที่เพิ่มโอกาสการเกิดเหตุการณ์น้ำมันรั่วไหลในทะเล

การวางแผนจัดการ แผนเผชิญเหตุ และกำหนดแนวทางการป้องกันและแก้ไขกรณีเกิดเหตุการณ์น้ำมันรั่วไหลในทะเล รวมไปถึงการติดตามและเฝ้าระวังบริเวณพื้นที่เสี่ยงที่อาจได้รับผลกระทบจากการรั่วไหลของน้ำมัน ตลอดจนการพัฒนาเครื่องมือกลไกสนับสนุนกิจกรรมตามแผนดังกล่าว จึงเป็นแนวทางที่ผู้ที่เกี่ยวข้องพึงให้ความสำคัญ และปรับปรุงอย่างต่อเนื่อง สอดคล้องกับแนวทางการดำเนินการในแผนความ

มั่นคงแห่งชาติทางทะเล พ.ศ. 2558-2564 ที่ให้มีการปรับปรุงและพัฒนากลไก เครื่องมือ ชัดความ สามารถ การเชื่อมโยงฐานข้อมูลแบบบูรณาการ และการเตือนภัยล่วงหน้าในทุกระดับ เพื่อให้มีการติดตาม ช่วยเหลือบรรเทา ฟื้นฟู และเยียวยาผู้ประสบสาธารณภัยทางทะเลอย่างมีประสิทธิภาพ [5] ซึ่งการดำเนินการภายใต้แผนเหล่านี้ จำเป็น ต้องอาศัยข้อมูลและเครื่องมือที่ช่วยสนับสนุนการตัดสินใจ และใช้ในการวางแผนจัดการกรณีเกิดเหตุการณ์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

การคาดการณ์การเคลื่อนที่ของคราบน้ำมันในทะเลด้วยแบบจำลองร่วมกับการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงพื้นที่ในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ เป็นเครื่องมือชนิดหนึ่งที่สามารถนำมาประยุกต์ในการวางแผนและแก้ไขปัญหาดังกล่าวได้เป็นอย่างดี ทั้งนี้การประมวลผลแบบจำลองคาดการณ์การเคลื่อนที่ของคราบน้ำมันในทะเลที่มีความถูกต้องแม่นยำสูง จำเป็นต้องอาศัยข้อมูลปัจจัยด้านสิ่งแวดล้อมทางทะเลที่มีความละเอียดเชิงพื้นที่และเชิงเวลาที่เพียงพอ มีความต่อเนื่อง และมีความถูกต้องแม่นยำสูง ในปัจจุบันประเทศไทยได้มีการพัฒนาระบบเรดาร์คลื่นวิทยุความถี่สูง ซึ่งสามารถตรวจวัดข้อมูลกระแสน้ำผิวหน้าและคลื่นในลักษณะใกล้เคียงเวลาจริง มีความต่อเนื่องในการตรวจวัด และครอบคลุมพื้นที่กว้าง การใช้ข้อมูลดังกล่าวนำเข้าในแบบจำลองคาดการณ์การเคลื่อนที่ของคราบน้ำมัน จะช่วยให้สามารถคาดการณ์การเคลื่อนที่ของคราบน้ำมัน และประเมินพื้นที่ชายฝั่งที่อาจได้รับผลกระทบได้แม่นยำขึ้น อีกทั้งยังเป็นการบูรณาการข้อมูลและเทคโนโลยีที่มีประสิทธิภาพในการวางแผนจัดการด้านมลพิษและสิ่งแวดล้อมทางทะเลอีกด้วย

2. วัตถุประสงค์

เพื่อคาดการณ์การเคลื่อนที่ของคราบน้ำมันในทะเล บริเวณพื้นที่อ่าวไทยตอนบนฝั่งตะวันออก

ครอบคลุมช่วงฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ ฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ และช่วงเปลี่ยนฤดูมรสุมของทั้งสองฤดู

3. ข้อมูลและวิธีการศึกษา

3.1 การจัดเตรียมข้อมูล

3.1.1 การรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้อง

- ข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม LANDSAT-8 ระบบหลายช่วงคลื่น (multispectral) จาก United States Geological Survey (USGS) แนวการถ่ายภาพ 129051 บันทึกภาพวันที่ 8 ก.พ. 2559

- ข้อมูลมาตราน้ำ กรมอุทกศาสตร์ กองทัพเรือ ปี 2558 บริเวณเกาะสีชัง

- ข้อมูลความเร็วและทิศทางการเคลื่อนที่ผิวน้ำทะเลรายชั่วโมง ขนาดกริด 2 กิโลเมตรจากระบบเรดาร์คลื่นวิทยุความถี่สูงของสำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน) โดยเลือกช่วงเวลาที่เป็นตัวแทนของฤดูมรสุมทั้ง 4 ฤดู และช่วงน้ำเกิด - น้ำตาย (รายละเอียดดังตารางที่ 1)

- ข้อมูลความเร็วและทิศทางการเคลื่อนที่ระดับความสูง 10 เมตรรายชั่วโมง จากสถานีตรวจอากาศอัตโนมัติ (automatic weather station, AWS) ของกรมอุตุนิยมวิทยา สถานีเกาะสีชัง โดยเลือกช่วงเวลาที่เป็นตัวแทนของฤดูมรสุมทั้ง 4 ฤดู และช่วงน้ำเกิด - น้ำตาย (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 การเลือกช่วงเวลสำหรับการประมวลผลในแบบจำลอง

ฤดูมรสุม	วันที่เกิดน้ำเกิด	วันที่เลือก	วันที่เกิดน้ำตาย	วันที่เลือก
ตะวันออกเฉียงเหนือ	25 ธ.ค. 58	23-27 ธ.ค. 58	13 ม.ค. 58	11-15 ม.ค. 58
เปลี่ยนฤดูครั้งที่ 1	4 เม.ย. 58	2-6 เม.ย. 58	27 มี.ค. 58	25-29 มี.ค. 58
ตะวันตกเฉียงใต้	16 ก.ค. 58	14-18 ก.ค. 58	9 ก.ค. 58	7-11 ก.ค. 58
เปลี่ยนฤดูครั้งที่ 2	13 ต.ค. 58	11-15 ต.ค. 58	5 ต.ค. 58	3-7 ต.ค. 58

3.1.2 การปรับปรุงข้อมูลพื้นที่ชายฝั่ง เป็นการปรับปรุงข้อมูลเส้นชายฝั่ง ขอบเขตเกาะ และขอบเขตท่าเทียบเรือ ซึ่งจะถูกนำเข้าในแบบจำลอง และใช้ในการคำนวณขอบเขตการเคลื่อนที่ของคราบน้ำมันและขอบเขตชายฝั่งในแบบจำลอง [10] โดยแปลตีความเส้นชายฝั่งจากภาพถ่ายดาวเทียม LANDSAT-8 รายละเอียดเชิงพื้นที่ 30 เมตร ด้วยวิธีการ digital image processing แล้วแปลงรูปแบบข้อมูลให้อยู่ในรูปแบบ atlas boundary ASCII (*.bna)

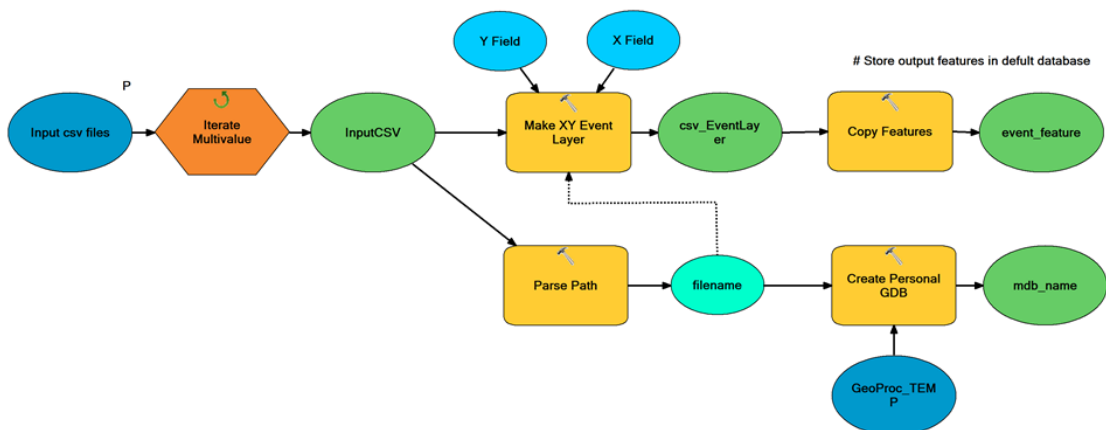
3.1.3 การแปลงรูปแบบข้อมูลกระแสน้ำผิวน้ำจากระบบเรดาร์คลื่นวิทยุความถี่สูง เป็น

ขั้นตอนแปลงรูปแบบข้อมูลกระแสน้ำจากระบบเรดาร์คลื่นวิทยุความถี่สูงให้สามารถนำเข้าในแบบจำลองได้ โดยแปลงข้อมูลให้อยู่ในรูปแบบ network common data file (NetCDF) ที่ประกอบไปด้วยตัวแปร (variable) จำนวน 5 ตัวแปร ได้แก่ ละติจูด ลองจิจูด เวลา (ชั่วโมง) ความเร็วย่อยในแนวเหนือ-ใต้ (v component) และความเร็วย่อยในแนวตะวันออก-ตะวันตก (u component) [13] ด้วยการพัฒนาโปรแกรมประมวลผล ArcGIS Model Builder (รูปที่ 1 และ 2) ร่วมกับโปรแกรมปรับปรุงและจัดการไฟล์ NetCDF Operators (NCO)

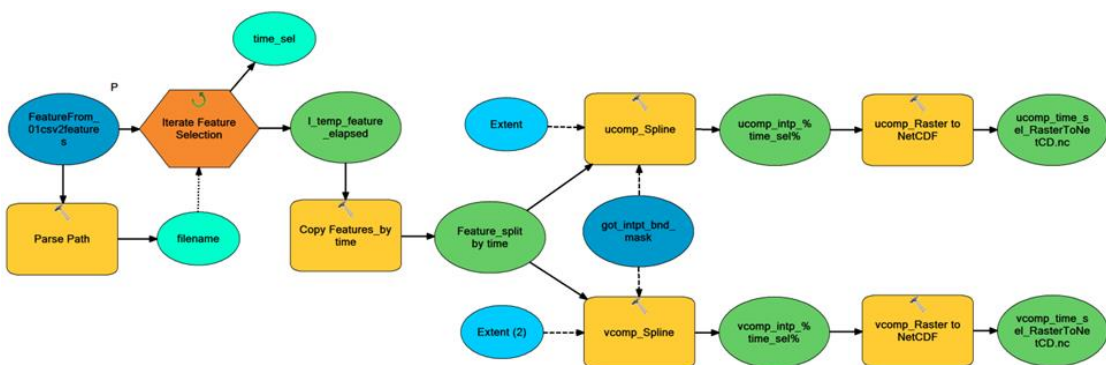
3.1.4 การประมาณค่าในช่วง (interpolate) ข้อมูลความเร็วย่อยของข้อมูลกระแสน้ำผิวหน้าจากระบบเรดาร์คลื่นวิทยุความถี่สูง เป็นขั้นตอนย่อยในกระบวนการแปลงรูปแบบข้อมูลกระแสน้ำผิวหน้า ซึ่งเป็นการประมาณค่าข้อมูลความเร็วย่อยในแนวเหนือ-ใต้ และความเร็วย่อยในแนวตะวันออก-ตะวันตก ของข้อมูลกระแสน้ำผิวหน้าจากระบบเรดาร์คลื่นวิทยุความถี่สูง ในบริเวณพื้นที่ที่ข้อมูลขาดหาย ซึ่งส่วนใหญ่

อยู่ในบริเวณขอบชายฝั่ง โดยพัฒนาโปรแกรมประมวลผลด้วย ArcGIS Model Builder ดังแสดงในรูปที่ 2 และกำหนดวิธีการประมาณค่าแบบ Spline ซึ่งเหมาะสมกับการประมาณค่าข้อมูลที่มีการเปลี่ยนแปลงแบบค่อยเป็นค่อยไป [6] ทั้งนี้ เพื่อให้ข้อมูลกระแสน้ำผิวหน้าที่นำเข้าไปในแบบจำลองมีความต่อเนื่อง ซึ่งส่งผลต่อความถูกต้องของผลจากแบบจำลอง

Convert csv file to FeatureClass including create database to process in next procedure



รูปที่ 1 ขั้นตอนการแปลงข้อมูลกระแสน้ำจากระบบเรดาร์คลื่นวิทยุความถี่สูงในโปรแกรม ArcGIS Model Builder



รูปที่ 2 ขั้นตอนการประมาณค่าในช่วงข้อมูลความเร็วย่อยข้อมูลกระแสน้ำผิวหน้าและการแปลงข้อมูลกระแสน้ำจากระบบเรดาร์คลื่นวิทยุความถี่สูง ในโปรแกรม ArcGIS Model Builder

3.2 การประมวลผลแบบจำลอง general NOAA operational modeling environment (GNOME) การคำนวณการเคลื่อนที่ของคราบน้ำมันในแบบจำลอง เป็นการคำนวณเวกเตอร์ลัพธ์ระหว่างข้อมูลกระแสน้ำผิวหน้า ข้อมูลลม (1-4.5 %) และการแพร่กระจายในแนวราบของน้ำมัน (diffusion) ในช่วงเวลาต่าง ๆ [12] ดังสมการที่ 1 [8]

$$\frac{\partial X}{\partial t} = U_h + k_w U_w + D \quad (1)$$

โดย $\frac{\partial X}{\partial t}$ คือ การเคลื่อนที่ของอนุภาค (คราบน้ำมัน); U_h คือ ความเร็วจากกลศาสตร์การไหลของน้ำ (hydro-

dynamic forcing velocity); k_w คือ สัมประสิทธิ์การเคลื่อนที่เนื่องจากลม (Windage coefficient); U_w คือ ความเร็วลม; D คือ การแพร่กระจาย (turbulent diffusion)

ข้อมูลที่เป็นปัจจัยกำหนดการเคลื่อนที่ในแบบจำลองจัดเก็บในรูปแบบความเร็วย่อย (velocity component) ในแนวตะวันออก-ตะวันตก หรือ u และความเร็วย่อยในแนวเหนือ-ใต้ หรือ v ในช่วงระยะเวลาใด ๆ โดยมีสมการที่ใช้ในการคำนวณการเคลื่อนที่ ($\Delta x, \Delta y, \Delta z$) ดังสมการที่ 2 [13]

$$\Delta x = \frac{\frac{u}{111,120.00024} * \Delta t}{\cos(y)}, \Delta y = \frac{v}{111,120.00024} * \Delta t, \text{ and } \Delta z = 0 \quad (2)$$

โดยที่ $\Delta x, \Delta y$ คือ การเคลื่อนที่ในแนวลองจิจูด และละติจูด ตามลำดับ ที่ระดับความลึก z (ในที่นี้เป็นการคำนวณที่ระดับผิวน้ำ หรือ $\Delta z = 0$ เท่านั้น) โดยที่ $\Delta x, \Delta y$ คือ การเคลื่อนที่ในแนวลองจิจูด และละติจูดตามลำดับ ที่ระดับความลึก z (ในที่นี้เป็นการคำนวณที่ระดับผิวน้ำ หรือ $\Delta z = 0$ เท่านั้น); $\Delta t = t - t_1$ คือ เวลาที่ผ่านไปในช่วงระยะเวลาใด ๆ; y คือ ตำแหน่งละติจูดในหน่วยเรเดียน (radian); 111,120.0002 คือ ระยะทางต่อหนึ่งองศาละติจูดในหน่วยเมตร

3.2.1 การเลือกช่วงเวลาในการประมวลผลและตำแหน่งทดสอบ การคาดการณ์การเคลื่อนที่ของคราบน้ำมัน กำหนดช่วงระยะเวลาในการคาดการณ์จำนวน 5 วัน ตามทฤษฎีการแปรสภาพของน้ำมัน ซึ่งหลังจากระยะเวลา 5 วัน นับจากเกิดการรั่วไหล จะเริ่มเกิดกระบวนการย่อยสลายโดยสิ่งมีชีวิต และการจมตัว [11] การเลือกช่วงเวลา พิจารณาเลือกเดือนจากฤดูมรสุม ประกอบด้วย ฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ (กลางเดือนพฤษภาคมถึงกลางเดือนกันยายน) ฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ (กลางเดือนตุลาคมถึงกลางเดือนกุมภาพันธ์) และช่วงเปลี่ยนฤดูมรสุมทั้ง

สองฤดู [2] จากนั้นสุ่มเลือกช่วงเวลาที่ในช่วงน้ำเกิดและน้ำตาย โดยพิจารณาจากข้อมูลมาตรน้ำ ในวันขึ้น 15 ค่ำ หรือแรม 15 ค่ำ และวันขึ้น 8 ค่ำ หรือแรม 8 ค่ำ ตามลำดับ [7] ดังแสดงในตารางที่ 1

ส่วนการเลือกตำแหน่งทดสอบ พิจารณาเลือกจากบริเวณที่มีการจราจรทางน้ำหนาแน่น ด้านหน้าท่าเรือแหลมฉบัง จังหวัดชลบุรี จากผลการวิเคราะห์ความหนาแน่นการจราจรทางน้ำ ปี พ.ศ. 2557 [8] ที่ตำแหน่งละติจูด 13.0715 องศาเหนือ ลองจิจูด 100.827 องศาตะวันออก

3.2.2 การนำเข้าข้อมูลลงในแบบจำลอง การเตรียมข้อมูลความเร็วและทิศทางกระแสจากระบบเรดาร์คลื่นวิทยุความถี่สูงรายชั่วโมงเพื่อการประมวลผลให้อยู่ในรูปแบบตารางกริดอนุกรมเชิงเวลา (NetCDF file) ข้อมูลความเร็วและทิศทางลมรายชั่วโมงจากสถานีตรวจอากาศอัตโนมัติ พร้อมทั้งกำหนดค่าข้อมูลการแพร่กระจายของน้ำมันในแนวราบเท่ากับ 2 ตารางเมตรต่อวินาที ตามผลการเปรียบเทียบแบบจำลองของกรมควบคุมมลพิษ [1] รวมไปถึงนำเข้าข้อมูลขอบเขตชายฝั่งในรูปแบบ BNA map file ที่ผ่าน

ขั้นตอนการปรับปรุงข้อมูลชายฝั่งแล้ว ซึ่งในแบบจำลองใช้เป็นแผนที่ฐานสำหรับกำหนดพื้นที่และขอบเขตการเคลื่อนที่ของคราบน้ำมัน

3.2.3 การตั้งค่าการประมวลผล และกำหนดคุณลักษณะการรั่วไหลของน้ำมัน การตั้งค่าการประมวลผล ประกอบด้วย การกำหนดวันและเวลาเริ่มต้นการรั่วไหลของน้ำมัน ระยะเวลาในการคาดการณ์การเคลื่อนที่ การกำหนดรายละเอียดเชิงเวลา

ของการคาดการณ์ (computation time step) และการแสดงค่าความไม่แน่นอน (uncertainty) ของผลจากแบบจำลอง

สำหรับการกำหนดคุณลักษณะการรั่วไหลของน้ำมัน ประกอบด้วย ประเภทของการรั่วไหล ชื่อเหตุการณ์ ชนิดและปริมาณของน้ำมันที่รั่วไหล วันเวลาที่เกิดเหตุ และตำแหน่งพิกัดทางภูมิศาสตร์ของจุดเกิดการรั่วไหล (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 2 การกำหนดคุณลักษณะการรั่วไหลของน้ำมันในแบบจำลอง

ตัวแปร	ตะวันออกผิวยังเหนือ		เปลี่ยนฤดูครั้งที่ 1		ตะวันตกเฉียงใต้		เปลี่ยนฤดูครั้งที่ 2	
	น้ำเกิด	น้ำตาย	น้ำเกิด	น้ำตาย	น้ำเกิด	น้ำตาย	น้ำเกิด	น้ำตาย
ประเภทการรั่วไหล	จุด	จุด	จุด	จุด	จุด	จุด	จุด	จุด
ชื่อเหตุการณ์	NE_SP	NE_NT	Tr1_SP	Tr1_NT	SW_SP	SW_NT	Tr2_SP	Tr2_NT
ละติจูด (องศาเหนือ)	13.0715	13.0715	13.0715	13.0715	13.0715	13.0715	13.0715	13.0715
ลองจิจูด (องศาตะวันออก)	100.827	100.827	100.827	100.827	100.827	100.827	100.827	100.827
วันที่เกิดเหตุ	23/12/58	11/1/58	2/4/58	25/3/58	14/7/58	7/7/58	11/10/58	3/10/58
เวลาที่เกิดเหตุ	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ชนิดของน้ำมัน	ดิบ	ดิบ	ดิบ	ดิบ	ดิบ	ดิบ	ดิบ	ดิบ
ปริมาณที่รั่วไหล (ลิตร)*	60,000	60,000	60,000	60,000	60,000	60,000	60,000	60,000
ระยะเวลาสร้างแบบจำลอง (ชั่วโมง)	120	120	120	120	120	120	120	120
การแพร่กระจายในแนวราบ (ตารางเมตร/วินาที)**	2	2	2	2	2	2	2	2
อิทธิพลของลม (%)**	1-4	1-4	1-4	1-4	1-4	1-4	1-4	1-4

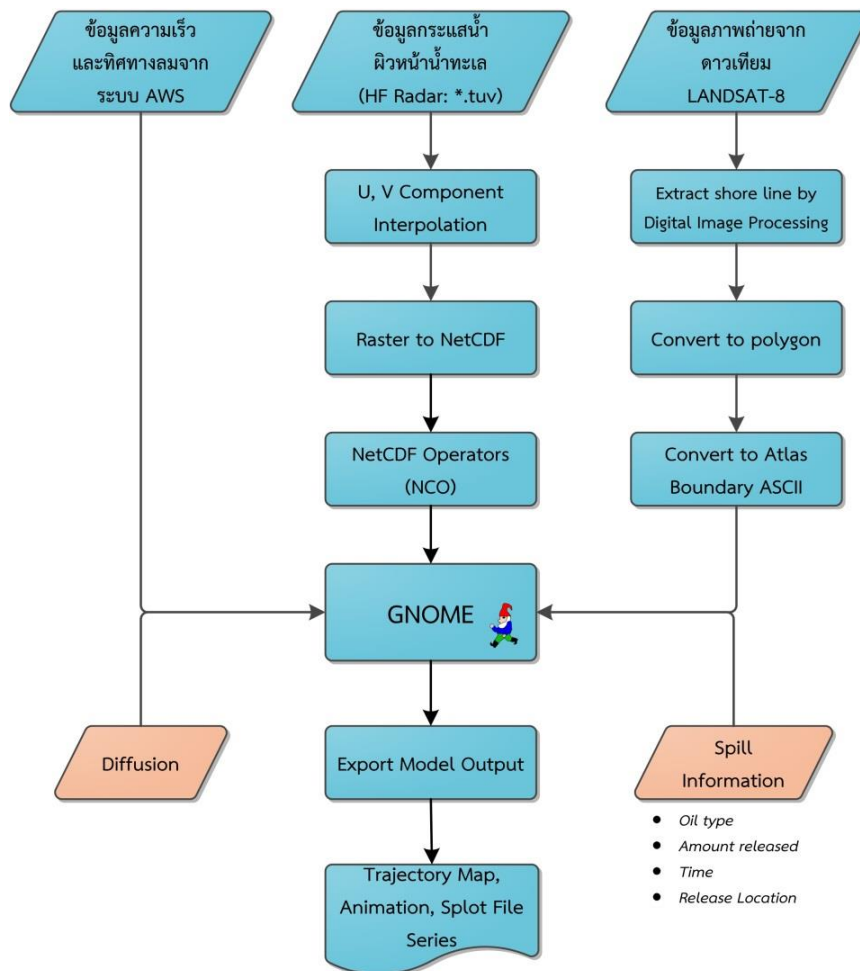
*ปริมาณรั่วไหลสูงสุดจากการศึกษาของกรมควบคุมมลพิษ; **ตามผลการเปรียบเทียบแบบจำลองของกรมควบคุมมลพิษ [1]

3.3 การส่งออกผลลัพธ์จากแบบจำลอง

การส่งออกผลลัพธ์จากแบบจำลอง 3 รูปแบบ ประกอบด้วยแผนที่แสดงตำแหน่งการกระจายตัวของคราบน้ำมัน (ชั่วโมงสุดท้าย) รูปแบบภาพเคลื่อนไหว (quick time movie) และในรูปแบบ map overlay statistical system (MOSS) หรือ NOAA

standards plot files series for GIS สำหรับรองรับการนำเข้าและวิเคราะห์ในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ต่อไป

วิธีการวิจัยดังกล่าวข้างต้นสามารถสรุปเป็นกรอบแนวคิดและขั้นตอน ดังแสดงในรูปที่ 3

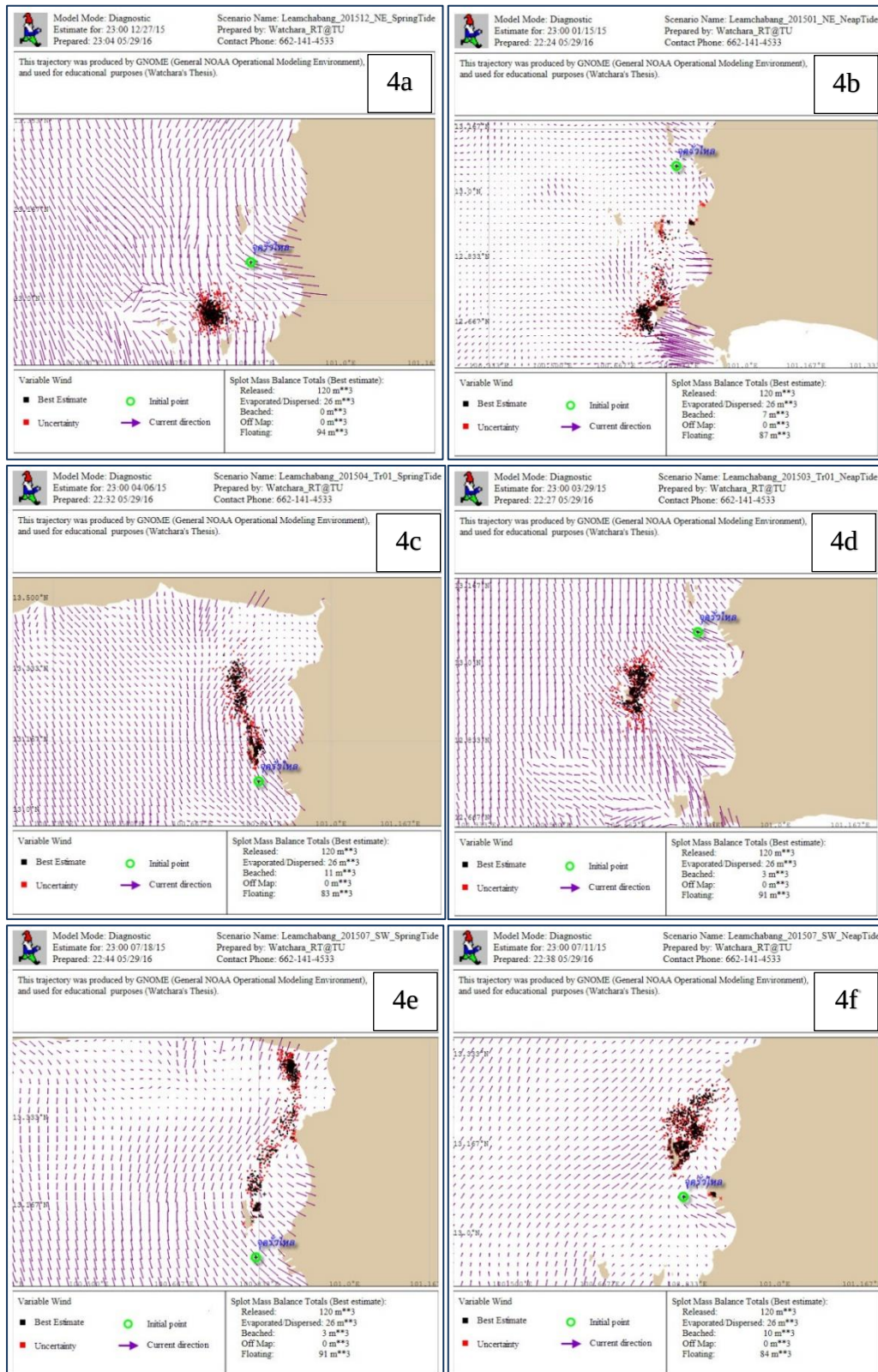


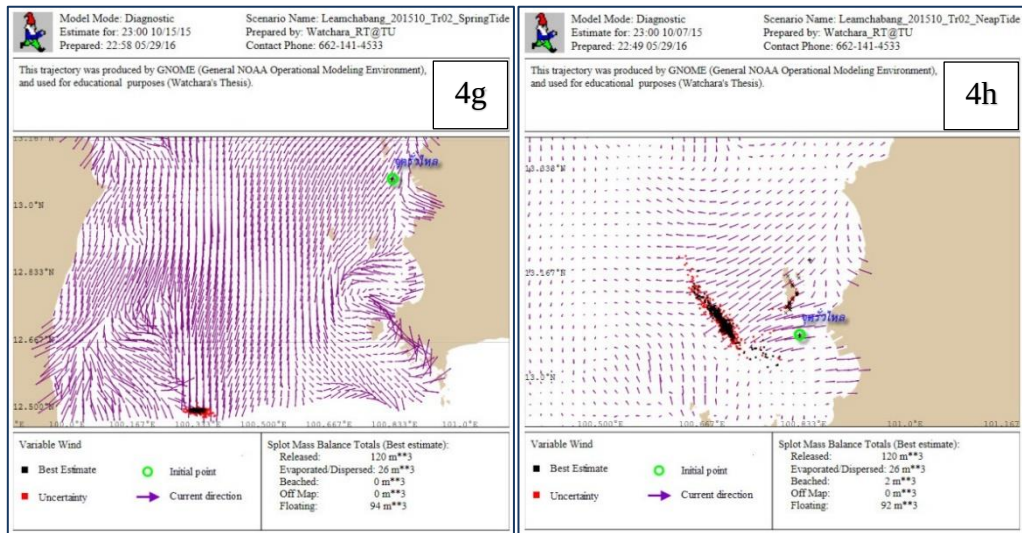
รูปที่ 3 กรอบแนวคิดและขั้นตอนการวิเคราะห์ประมวลผลการคาดการณ์การเคลื่อนที่ของคราบน้ำมันในทะเลด้วยแบบจำลอง GNOME

4. ผลการวิจัย

การนำเข้าข้อมูลปัจจัยที่มีผลต่อการเคลื่อนที่ของคราบน้ำมันในทะเล อันประกอบด้วยข้อมูลกระแสน้ำผิวหน้าน้ำทะเลรายชั่วโมงจากระบบเรดาร์คลื่นวิทยุ ความถี่สูง ซึ่งผ่านขั้นตอนการจัดเตรียมข้อมูล พร้อมแปลงรูปแบบข้อมูลให้อยู่ในรูปแบบ NetCDF ข้อมูลความเร็วและทิศทางลมรายชั่วโมง จากสถานีตรวจอากาศอัตโนมัติ ข้อมูลขอบเขตแนวชายฝั่ง ขอบเขตเกาะ ซึ่งแปลตีความจากภาพถ่ายจากดาวเทียม LANDSAT-8 นำเข้าในแบบจำลอง GNOME พร้อมทั้ง

กำหนดค่าการแพร่กระจายในแนวราบ กำหนดค่าการประมวลผล และสมบัติการรั่วไหลของน้ำมัน พบว่าผลลัพธ์จากแบบจำลอง แสดงในลักษณะแผนที่แสดงการเคลื่อนที่และกระจายตัวของคราบน้ำมัน ที่ระยะเวลาผ่านไป 5 วัน โดยแสดงเป็นจุดอนุภาคแทนการกระจายตัวของคราบน้ำมัน (จุดสีดำ) พร้อมกับแสดงค่าความไม่แน่นอน หรือความน่าจะเป็นที่คราบน้ำมันอาจจะแพร่กระจายไปได้ (จุดสีแดง) จำแนกตามฤดูมรสุม และช่วงน้ำเกิด น้ำตาย ดังแสดงในรูปที่ 4a ถึง 4h และตารางที่ 3





รูปที่ 4 แผนที่แสดงการเคลื่อนที่และกระจายตัวของคราบน้ำมันจากแบบจำลอง GNOME

ตารางที่ 3 ผลการคาดการณ์การเคลื่อนที่ของคราบน้ำมันจากแบบจำลอง GNOME

ฤดูมรสุม	น้ำเกิด			น้ำตาย		
	ทิศทางการเคลื่อนที่	ระยะทางจากจุดรั่วไหล (กิโลเมตร)	รูปที่	ทิศทางการเคลื่อนที่	ระยะทางจากจุดรั่วไหล (กิโลเมตร)	รูปที่
ตะวันออกเฉียงเหนือ	ตะวันตกเฉียงใต้	13.6	4a	ตะวันตกเฉียงใต้	43.2	4b
เปลี่ยนฤดูครั้งที่ 1	ตะวันตกเฉียงเหนือ	25.2	4c	ตะวันตกเฉียงใต้	18.3	4d
ตะวันตกเฉียงใต้	ตะวันออกเฉียงเหนือ	41.2	4e	ตะวันออกเฉียงเหนือ	15.1	4f
เปลี่ยนฤดูครั้งที่ 2	ตะวันตกเฉียงใต้	83.3	4g	ตะวันตก	12.6	4h

5. อภิปราย

ผลการคาดการณ์การเคลื่อนที่ของคราบน้ำมันในทะเลด้วยแบบจำลอง GNOME ในช่วงระยะเวลา 5 วัน โดยใช้ข้อมูลความเร็วและทิศทางกระแสน้ำผิวหน้าทะเลหน้ารายชั่วโมงจากระบบเรดาร์คลื่นวิทยุความถี่สูง ข้อมูลความเร็วและทิศทางลมรายชั่วโมงจากสถานีตรวจอากาศอัตโนมัติพร้อมกำหนดค่าการแพร่กระจายในแนวราบของน้ำมัน ครอบคลุมช่วงฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ มรสุมตะวันตกเฉียงใต้ และช่วงเปลี่ยน

ฤดูมรสุมของทั้งสองฤดู รวมทั้งช่วงที่เป็นช่วงน้ำเกิดและน้ำตาย พบว่ารูปแบบการเคลื่อนที่และกระจายตัวของคราบน้ำมันในฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือเคลื่อนที่ไปในทางทิศตะวันตกเฉียงใต้ของจุดทดสอบ ในฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ เคลื่อนที่ไปในทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือ เข้าหาชายฝั่งจังหวัดชลบุรีและชายฝั่งของเกาะสีชัง เนื่องจากการเคลื่อนที่และกระจายตัวของคราบน้ำมันในทะเลได้รับอิทธิพลจากกระแสน้ำผิวหน้าน้ำทะเล โดยกระแสน้ำดังกล่าวนี้เกิด

การไหลเวียนตามแรงที่กำหนดการเคลื่อนที่ของกระแส น้ำผิวน้ำน้ำทะเล ซึ่งหมายถึงลมประจำถิ่นหรือลม มรสุมในช่วงฤดูต่าง ๆ ส่วนการเคลื่อนที่และกระจาย ตัวของคราบน้ำมันในช่วงเปลี่ยนฤดูมรสุมทั้งสองฤดู มี ทิศทางไม่แน่นอน เนื่องจากได้รับอิทธิพลของลมมรสุม ทั้งสองด้าน โดยส่วนใหญ่การเคลื่อนที่ของคราบน้ำมัน ในช่วงน้ำเกิดเคลื่อนที่ได้ระยะทางไกลกว่าช่วงน้ำตาย ซึ่งตัวแปรที่มีอิทธิพลสำคัญต่อรูปแบบการเคลื่อนที่ของ คราบน้ำมัน คือ กระแสลม และรูปแบบการไหลเวียน ของกระแสน้ำผิวน้ำน้ำทะเล ทั้งนี้ผลการศึกษาในช่วง เปลี่ยนฤดูมรสุมทั้งสองฤดูสอดคล้องกับผลการศึกษา ของกรมควบคุมมลพิษ [1] ซึ่งได้ศึกษาการเคลื่อนที่ ของคราบน้ำมัน จากเหตุการณ์การรั่วไหลของน้ำมัน ในบริเวณอ่าวไทยตอนบนและชายฝั่งตะวันออก ในช่วง 12 เดือน ของปี พ.ศ. 2548 และ 2552 นอกจากนี้ ผล การศึกษาในฤดูมรสุมตะวันออก-เฉียงเหนือและฤดู มรสุมตะวันตกเฉียงใต้ ยังมีแนวโน้มทิศทางการ เคลื่อนที่สอดคล้องกับผลการศึกษาของกรมควบคุม มลพิษ [1] ที่สรุปว่ามีทิศทางการเคลื่อนที่ตามเข็มนาฬิกาและทวนเข็มนาฬิกา ตามลำดับ

อย่างไรก็ตาม ผลการศึกษาในฤดูมรสุมตะวัน- ตกเฉียงใต้ ซึ่งมีแนวโน้มทิศทางการเคลื่อนที่แบบทวน เข็มนาฬิกา ยังสอดคล้องกับผลการศึกษาของปริญญ และคณะ [4] ซึ่งได้สรุปไว้ว่ากระแสน้ำในฤดูมรสุม ตะวันตกเฉียงใต้มีรูปแบบการไหลออกจากอ่าวทางด้าน ตะวันตกของอ่าว และไหลเข้าอ่าวทางด้านตะวันออก ของอ่าว และมีลักษณะวนในทิศทวนเข็มนาฬิกา แต่ แตกต่างในช่วงฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ ทั้งนี้อาจ เกิดจากการศึกษาดังกล่าว เป็นการศึกษาการไหลเวียน กระแสน้ำโดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ซึ่งย่อมมี ความคลาดเคลื่อนของแบบจำลอง และไม่ได้เป็นการ ศึกษากระแสน้ำที่ผิวน้ำน้ำทะเล เนื่องจากมีการ เปรียบเทียบผลการศึกษากับหุ่นสำรวจสมุทรศาสตร์ ซึ่ง

ตรวจวัดกระแสน้ำที่ระดับความลึก 3.5 เมตร

การศึกษาในครั้งนี้นอกจากจะใช้ค่าตัวแปรบาง ตัวแปรตามผลการเปรียบเทียบแบบจำลองของกรม ควบคุมมลพิษแล้ว ยังใช้ข้อมูลกระแสน้ำ และกระแส ลม รายชั่วโมง ตามคำแนะนำของกรมควบคุมมลพิษ ซึ่งมีผลต่อความถูกต้องแม่นยำของแบบจำลอง ทั้งนี้ การใช้ข้อมูลกระแสน้ำรายชั่วโมงจากระบบเรดาร์ คลื่นวิทยุความถี่สูง ซึ่งจัดเป็นข้อมูลจากการสำรวจ ระยะไกลที่ตรวจวัดข้อมูลจริงในพื้นที่ โดยเป็นการ ตรวจวัดแบบต่อเนื่อง ครอบคลุมพื้นที่ที่ตรวจวัดเป็น บริเวณกว้าง และเป็นการตรวจวัดกระแสน้ำที่ไดรรวม กระแสน้ำที่เกิดจากลม และกระแสน้ำจากน้ำขึ้นน้ำลง ซึ่งจัดได้ว่าเป็นข้อมูลที่มีความแม่นยำสูง และมี รายละเอียดเพียงพอ ทั้งในเชิงพื้นที่และเชิงเวลา

6. สรุป

ผลศึกษาการคาดการณ์การเคลื่อนที่ของคราบน้ำมัน ครอบคลุมช่วงฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ ตะวันตกเฉียงใต้ และช่วงเปลี่ยนฤดูมรสุมทั้งสองฤดู โดยแบ่งเป็นช่วงน้ำเกิดและน้ำตาย สรุปได้ว่ารูปแบบ การเคลื่อนที่และกระจายตัวของคราบน้ำมันสัมพันธ์ กับฤดูมรสุมในแต่ละฤดู โดยฤดูมรสุมตะวันออกเฉียง- เหนือ มีทิศทางการเคลื่อนที่ของคราบน้ำมันออกจาก ชายฝั่ง ส่วนในฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ มีทิศทางการ เคลื่อนที่ของคราบน้ำมันเข้าหาชายฝั่ง และในช่วง เปลี่ยนฤดูมรสุมทั้งสองฤดู มีทิศทางการเคลื่อนที่ไม่ แน่นนอน ขึ้นอยู่กับอิทธิพลของลมมรสุมในช่วงเวลา นั้น ๆ ทั้งนี้ ตัวแปรที่มีอิทธิพลสำคัญต่อรูปแบบการ เคลื่อนที่ของคราบน้ำมัน คือ กระแสลม และรูปแบบ การไหลเวียนของกระแสน้ำผิวน้ำน้ำทะเล ซึ่งข้อมูล จากระบบเรดาร์คลื่นวิทยุความถี่สูง จัดเป็นข้อมูลที่มี รายละเอียดเชิงพื้นที่และเชิงเวลาสูง เหมาะสมสำหรับ การติดตามและคาดการณ์มลพิษทางทะเล

การศึกษาครั้งนี้สามารถใช้เป็นต้นแบบหรือเครื่องมือสนับสนุนการดำเนินการภายใต้แผนการจัดการ แผนเผชิญเหตุ แผนการเก็บกู้คราบน้ำมัน รวมทั้งเป็นเครื่องมือในการจัดการด้านมลพิษทางทะเลประเภทอื่น ตลอดจนใช้เป็นเครื่องมือในการปฏิบัติการในสถานการณ์การจริง กรณีเหตุการณ์น้ำมันรั่วไหลในทะเล

7. ข้อเสนอแนะ

7.1 การศึกษาครั้งนี้ ใช้ข้อมูลความเร็วและทิศทางลมรายชั่วโมงจากสถานีตรวจอากาศอัตโนมัติ สถานีเกาะสีชัง ซึ่งมีความละเอียดเชิงเวลาเพียงพอ แต่เป็นการตรวจวัดข้อมูลลมบนฝั่ง ซึ่งอาจแตกต่างจากความเร็วและทิศทางลมที่พื้นผิวทะเล รวมทั้งเป็นข้อมูลที่ตรวจวัดที่ตำแหน่งเดียว ซึ่งมีความละเอียดเชิงพื้นที่ไม่ถี่นัก การศึกษาครั้งต่อไปอาจใช้ข้อมูลที่ตรวจวัดจากเครื่องมือที่สามารถตรวจวัดในเชิงพื้นที่ได้ หรืออาจใช้ข้อมูลจากแบบจำลองที่มีลักษณะเป็นแบบจำลองในพื้นที่

7.2 ควรมีการศึกษาการเปลี่ยนแปลงสมบัติของคราบน้ำมันตามช่วงเวลา โดยพิจารณาจากปัจจัยด้านสภาวะแวดล้อมทางทะเลที่ส่งผลต่อการแปรสภาพของคราบน้ำมัน อาทิ อุณหภูมิผิวน้ำทะเล ความสูงคลื่น ควบคู่กับการคาดการณ์การเคลื่อนที่ของคราบน้ำมัน ซึ่งจะทำให้สามารถนำผลการศึกษาไปใช้ประโยชน์ในด้านการจัดการมลพิษทางทะเลได้ดียิ่งขึ้น

7.3 พื้นที่ที่อยู่นอกเหนือขอบเขตการตรวจวัด กระแสน้ำจากระบบเรดาร์คลื่นวิทยุความถี่สูง ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้ได้ประมาณค่าข้อมูลความเร็วย่อยในแนวเหนือ-ใต้ และแนวตะวันออก-ตะวันตก เพื่อให้ครอบคลุมทั้งพื้นที่ศึกษา พบว่าค่าที่ได้จากการประมาณค่ามีค่าสูงเกินไปในบางบริเวณ เนื่องจากไม่มีข้อมูลกลุ่มตัวอย่าง ซึ่งหน่วยงานที่เกี่ยวข้องควรมีการ

ขยายพื้นที่ติดตั้งระบบเรดาร์คลื่นวิทยุความถี่สูงเพิ่มเติมให้ครอบคลุมพื้นที่ชายฝั่งต่อไป

7.4 การศึกษาครั้งนี้ ไม่ได้มีการประเมินความถูกต้องของผลจากแบบจำลอง เนื่องจากข้อจำกัดด้านระยะเวลาและงบประมาณ การศึกษาในครั้งต่อไป ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมในส่วนนี้ โดยใช้ผลการเคลื่อนที่และกระจายตัวของคราบน้ำมันจากแบบจำลอง เปรียบเทียบกับขอบเขตการกระจายตัวของคราบน้ำมันจากภาพถ่ายจากดาวเทียมหลาย ๆ ช่วงเวลา ในเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นจริง หรืออาจใช้วิธีการจำลองการเคลื่อนที่โดยการปล่อยวัตถุที่ลอยบนผิวน้ำทะเล

7. รายการอ้างอิง

- [1] กรมควบคุมมลพิษ, 2553, การคาดการณ์การเคลื่อนที่ของคราบน้ำมันในทะเล ผลกระทบต่อทรัพยากรธรรมชาติ และแนวทางการแก้ไข, ห้างหุ้นส่วนจำกัด กชกร พับลิชชิ่ง, กรุงเทพฯ, 70 น.
- [2] กรมอุตุนิยมวิทยา, 2558, ภูมิอากาศของประเทศไทย, แหล่งที่มา : http://www.tmd.go.th/info/climate_of_thailand-2524-2553.pdf, 20 ธันวาคม 2558.
- [3] ท่าเรือแหลมฉบัง, 2558, ท่าเรือแหลมฉบัง : ท่าเรือของโลก, แหล่งที่มา : http://www.laemchabangportphase3.com/known_01.html, 27 ตุลาคม 2558.
- [4] ปริญ หล่อพิทยากร, นิพนธ์ ตั้งธรรม, วิทย์ ธารชลานุกูล และปราโมทย์ ไชจิสุกร, 2554, การศึกษารูปแบบการไหลเวียนกระแสน้ำในอ่าวไทยในปีเอ็นโซ, ว.วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี 19(4): 1-14.
- [5] สำนักงานสภาพความมั่นคงแห่งชาติ, 2558, แผนความมั่นคงแห่งชาติทางทะเล พ.ศ. 2558-2564,

- สำนักนายกรัฐมนตรี, กรุงเทพฯ, 94 น.
- [6] สุเพชร จิระจกุล, 2555, เรียนรู้ระบบภูมิสารสนเทศด้วยโปรแกรม ArcGIS 10.1 for Desktop, บริษัท เอ.พี. กราฟิคดีไซน์และการพิมพ์ จำกัด, นนทบุรี, 984 น.
- [7] สุลักษณ์ สารมณีสพันธุ์, 2555, การจัดการชายฝั่ง : การบูรณาการสู่ความยั่งยืน, สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยมหิดล, นครปฐม, 474 น.
- [8] Beegle-Krause, C.J., 1999, GNOME: NOAA's Next-Generation Spill Trajectory Model, Oceans' 99 MTS/IEEE Proceedings, Escondido, CA: MTS/IEEE Conference Committee 3: 1262-1266.
- [9] MacKay, K.J. , 2014, Oil Spill Model Trajectory Analysis of a Catastrophic Scenario in Santa Monica Bay, Thesis for the Master of Science in Environmental Science, The Faculty of the Department of Biological Sciences, California State University, Los Angeles.
- [10] MarineTraffic.com, 2014, Marine Traffic Density Maps, Retrieved October 21, 2015, Available Source: <http://www.marinetraf>
[fic.com/th/ais/home/centerx:100/centery:13](http://www.marinetraf.com/th/ais/home/centerx:100/centery:13).
- [11] National Ocean and Atmospheric Administration, 2016, ADIOS (Automated Data Inquiry for Oil Spills), Available Source: <http://response.restoration.noaa.gov/oilandchemicalspills/oilspills/responsetools/adios.html>, July 9, 2015.
- [12] National Ocean and Atmospheric Administration, 2002, Trajectory Analysis Handbook, pp. 1-42, In MacKey, K.J. (Ed.), Oil Spill Model Trajectory Analysis of a Catastrophic Scenario in Santa Monica Bay.
- [13] Zelenke, B., O'Connor, C., Barker, C., Beegle-Krause, C.J. and Eclipse, L. (Eds.), 2012, General NOAA Operational Modeling Environment (GNOME) Technical Documentation, NOS OR&R 40, Emergency Response Division, Department of Commerce, NOAA Technical Memorandum, Washington, 105 p.